

基于5G技术的刮板输送装备通信系统研究与展望

文/刘宏飞 马恩龙 王盼 陈云 刘建伟

1. 宁夏天地奔牛实业集团有限公司; 2. 煤矿综采输送设备智能制造技术国家地方联合工程实验室

摘要: 介绍了5G技术在智能矿山建设中的应用及基于5G技术的刮板输送装备通信系统设计, 通过刮板输送装备通信系统的需求分析, 采用有线+5G的通信方式, 将5G技术应用到刮板输送装备工况感知、智能调速控制及健康管理三个子系统中, 形成了刮板输送装备完整的通信链路。对5G技术在刮板输送装备中的应用进行了展望, 为刮板输送装备的智能化研究提供一定借鉴, 进而对智能矿山建设提供借鉴和参考。

关键词: 5G技术; 刮板输送装备; 智能控制系统; 通信系统; 煤矿智能化建设

5G技术在智能矿山建设中的应用概述

煤炭是我国主要能源和重要工业原材料, 长期以来在我国能源结构中占据重要地位, 并且在未来很长的一段时间内仍将保持主体地位。我国煤炭工业经历了由炮采、普采、综采到智能化的发展历程, 为进一步满足煤炭工业从粗放型转变为集约型的高质量发展需求, 国家及各地区大力推进煤矿智能化建设, 因此煤矿智能化建设进入快速发展时期。煤矿智能化建设是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑, 将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人及智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合, 形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测及协同控制的智能系统, 实现煤矿开拓、采掘(剥)、运输、通风、洗选、安全保障及经营管理等过程的智能化运行, 对提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

5G技术是煤矿智能化建设的重要支撑技术, 其在煤炭领域的广泛应用和深度融合, 将有效推动煤炭生产、加工、利用和消费模式变革, 促进智能矿

山的发展, 从而带动矿山产业的规模化发展。2020年10月, 中国煤炭工业协会、中国煤炭学会、煤矿智能化创新联盟等联合发布了第一版《5G+煤矿智能化白皮书》, 阐述了矿井5G网络的建设原则、应用场景、网络构架及系统要求等, 倡议建设煤矿5G应用生态, 旨在进一步推动5G技术在煤矿中的应用, 加快我国煤矿智能化的建设进程。目前, 5G技术在煤矿的应用主要集中在以下四方面。

1) 高精度定位服务。基于5G技术的实时高精度定位与应用服务, 实现井下车辆管理、工作面开采精准推进等应用。

2) 生产远程实时控制。利用5G大宽带、网络低延时特性, 在地面对井下开采设备进行远程实时控制, 实现智能化工作面减人。

3) 井下智能巡检。通过智能巡检机器人等设备实时传输和共享井下设备的状态信息, 实现智能化巡检功能。

4) 基于5G的虚拟交互应用, 实现三维建模和虚拟展示, 互动模拟和可视化设计, 以及混合现

山东省重点研发计划 (重大科技创新工程) (2020CXGC011501)

实、云端实时渲染和虚实融合操控等，实现虚拟井下培训、虚拟开采、协同运维等功能。

刮板输送装备智能控制系统通信需求分析

刮板输送装备智能控制系统原理如图1所示，主要由工况感知系统、智能调速控制系统及健康管理

子系统组成，各系统通过自身通信网络将数据传输到智能控制平台，实现了刮板输送装备的工况监测、智能启动、链条保护、功率协调、智能调速、健康诊断与寿命预估及多向协同作业控制等功能。

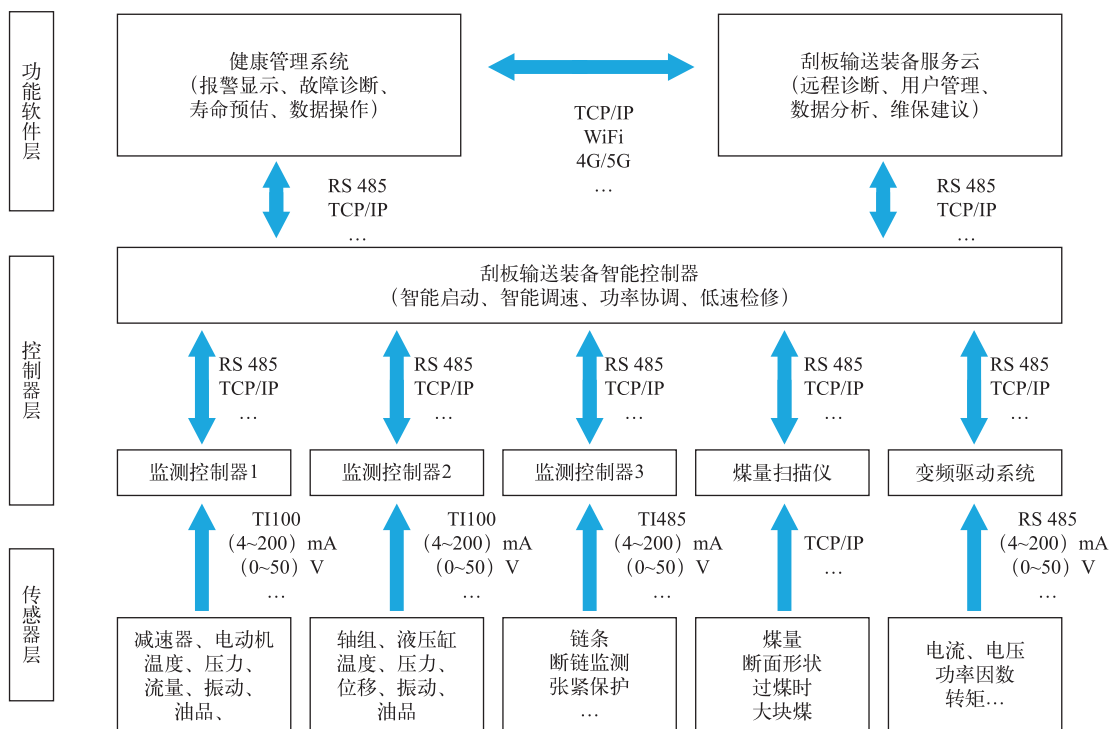


图1 刮板输送装备智能控制系统原理

目前，刮板输送装备智能控制系统多采用现场总线（RS 485、CAN）、工业以太网（TCP/IP）模式。在煤矿井下，刮板输送装备处于一种随动状态，受液压支架推移实时向前推进，通信线缆在工作面的推进过程中极易被挤压、拉拽损坏；刮板输送装备长度较长、监测点较多，铺线安装与后期维护工作量巨大，难以满足智能控制系统对时延及传输可靠性的要求。尤其是在薄煤层、超薄煤层采煤工作面的应用中，由于空间受限，有线通信的缺陷更加明显。采用无线通信的方式可改善当前问题。通过在固定位置安装无线发射和接收装置，在刮板输送装备间进行数据传输，能够避免有线通信电缆挤压损坏的问题。因此，大带宽、低时延、高可靠及满足接入高密度设备的无线通信技术是工作面信号传输的有效解决方案之一，而5G通信技术的低时延、大带宽的本质属性给工作面刮板输送装备的通

信传输提供了可能。

5G技术作为新一代蜂窝移动通信技术，应用优势显著，拥有大带宽、低时延、广连接、高可靠及强移动性等特性。目前，我国已累计建成5G基站284.4万座，5G移动电话用户数达6.51亿户，移动物联网终端用户超过20.5亿户。5G技术已广泛应用于工业制造、汽车网络、智能交通及智慧医疗等领域，5G技术与各行业应用的深度融合是未来的发展趋势。5G技术包含多个通信频段，适用于煤矿井下作业，主要有以下特点：

- 1) 高速度。5G通信网络拥有极高的速率，理论峰值速率上行可达10 Gbit/s，下行可达20 Gbit/s。
- 2) 低时延。5G通信网络拥有极低的时延，端到端时延的期望性能指标小于1 ms。
- 3) 广连接。5G通信网络能够支持高密度的设备连接和高容量的数据传输，5G通信网络的频谱宽

度高达百兆甚至千兆赫兹。

4) 高可靠性。5G通信网络支持高可靠性的数据连接,性能指标为0.001%丢包率,与光纤通信相当。

5) 强移动性。跨区连接速度快,适用于动态移动设备,可实现跨区网络无缝连接。

基于5G技术的刮板输送装备通信系统的设计

煤矿井下采煤工作面环境恶劣,强电磁、高粉

尘、水害渗水等对工作面通信影响较大。为了保持整个刮板输送装备通信系统的高可靠性,采用现场总线+5G的通信方式,以矿井工业以太环网为整个系统的主干输送平台,形成有线主干与无线终端相结合的方式,刮板输送装备智能调速控制系统采用现场总线+5G冗余通信系统,保证设备运转的连续性与可靠性;工况感知系统与健康管理系统采用5G通信系统,保证信号的传输速率与容量。通信系统设计方案如图2所示。

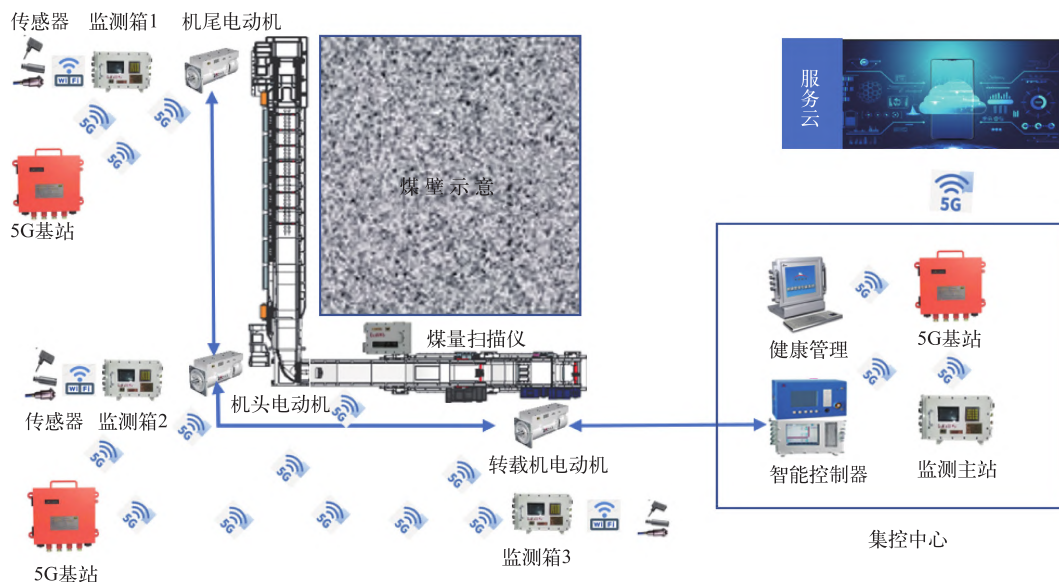


图2 基于5G技术的刮板输送装备通信系统方案

工况感知系统对布置在综采工作面的刮板输送机、转载机、破碎机减速器高速(低速)轴的轴承温度、润滑油油温、油位,电动机的轴伸端轴承温度、定子绕组温度,以及各个传动部冷却水回路的温度、压力等关键工况参数进行采集,传感器到数据监测箱之间采用无线通信方式进行数据采集,监测箱与布置在工作面的5G基站通过5G发射模组进行数据交互上传,既能显示该站采集的数据,又能显示其他分站的数据,且不受刮板输送装备随动、弯曲的影响。

智能调速控制系统主要对布置在综采工作面的刮板输送机、转载机和破碎机进行起停、调速、协同等控制,其与工作面的电动机之间通过专用通信电缆进行数据通信,实现刮板输送装备的变频软启动及联锁保护等控制功能。同时,各个电动机自身具备5G通信功能,可将电动机的电流、功率及温度等信息通过工作面的5G基站上传到智能调速控制系

统。智能调速控制系统采用有线+无线冗余的通信方式,提高了设备运转的可靠性。

健康管理系统提供刮板输送设备的常见故障处理措施及关键零部件维护保养信息等,辅助用户更好地使用和保养刮板输送设备。井下健康管理系统一般布置在集控中心,通过布置在集控中心附近的5G基站采集工况感知及智能调速控制系统的数据,经过数据分析处理,将设备故障信号发送至地面调度中心。刮板输送设备服务云与矿方地面开放的互联网接口进行数据交互,远程为设备提供维保建议。

基于5G技术的刮板输送装备通信系统存在的问题与挑战

1) 发射装置安装位置存在局限,尽管数据可以通过无线网络传输,但发射装置之间还是通过有线连接。

2) 5G通信容易受到工作面液压支架等金属装备的影响,造成“镜面效应”,使传输信号减弱。

3) 由于煤矿井下通信设备需要进行防爆设计,考虑发射功率限制及井下现场特殊环境要求,矿用5G基站覆盖距离有限,导致基站数量大幅增加,网络建设和维护成本偏高。

基于5G技术的刮板输送装备通信系统的展望

虽然5G技术在刮板输送装备通信系统的应用上还存在一些问题,但从长远看,5G技术将对未来刮板输送装备实现数字孪生具有重大意义。

从数据采集来讲,目前主要对刮板输送装备的动力部件进行采集,数据种类还不够丰富,数据采集量不够大。随着对刮板输送装备中部槽、链轮轴组及链条等关键部件展开研究,无论是布线还是数据传输容量,有线通信都难以满足要求,因此采用5G通信是必要的解决措施。

随着对图像、视觉技术在刮板输送装备上的应用展开研究,煤量识别、大块煤识别及链条监测系统等投入使用,监测系统将产生大量的图像和视频数据,5G通信大容量、低时延的特点正好契合视觉信息传输的要求。

高速、可靠的通信系统是煤矿智能综采面实现

无人化采煤的基础。未来,刮板输送装备将实现数字孪生,在地面精准复现井下采煤现场。采用5G+有线网络的冗余布置,既解决了无线网络受空间环境影响的问题,也在一定程度上解决了有线传输带宽低和易折损的问题,有效保证了刮板输送装备对带宽、时延和通信可靠性的需求。EA

参考文献

- [1] 于颖. 基于5G互联网的高可靠性采煤机通信系统研究与展望[J]. 智能矿山, 2022, 3(4): 61-66.
- [2] 宋建华, 马鹏飞. 5G技术在智能矿山建设中的应用研究[J]. 工矿自动化, 2021, 47(S1): 42-44.
- [3] 韩国庆, 王久海. 5G通信技术在智能煤矿中的应用[J]. 电子技术, 2022, 51(1): 136-137.
- [4] 林安川, 彭立峰, 马辰元, 等. 智能化矿山建设关键技术的初步研究及应用简析[J]. 云南冶金, 2020, 49(6): 5-12.
- [5] 孙继平, 陈晖生. 智慧矿山与5G与WiFi6[J]. 工矿自动化, 2019, 45(10): 1-4.
- [6] 周子涵. 浅谈5G技术在智慧矿山建设的应用前景[J]. 科学技术创新, 2020(14): 45-46.